Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 2, Summer. 2020, p. 181-196

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۹۶-۱۸۱

مقاله علمی-پژوهشی

اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و موسیر (*Allium altissimum* Regel.) بر خصوصیات زراعی و نسبت برابری زمین

جواد مشکانی[۱]، محمد کافی[۲*]، سرور خرم دل[۳]، فاطمه معلم بنهنگی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۲۸

مقدمه

گیاهان دارویی منبع غنی از ترکیبات فعال زیستی محسوب می‌شوند و می‌توانند در درمان بسیاری از بیماری‌ها به‌عنوان جایگزینی ایمن در مقایسه با داروهای شیمیایی استفاده شوند. بهره‌گیری از کشت مخلوط موجب بهبود کارآیی مصرف منابع و بروز اثرات متقابل مفید بین گیاهان همراه می‌گردد. این سیستم کشت همچنین موجب کاهش انتشار بیماری‌های گیاهی از طریق کاهش تعداد گیاهان میزبان حساس می‌شود. این مطالعه با هدف بررسی اثر کشت مخلوط سری‌های جایگزینی زیره سبز و موسیر بر خصوصیات زراعی دو گیاه شامل عملکرد، اجزای عملکرد، شاخص برداشت، میزان تجمع ماده خشک و نسبت برابری زمین انجام شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی شامل ۲۰٪ موسیر + ۸۰٪ زیره سبز، ۴۰٪ موسیر + ۶۰٪ زیره سبز، ۵۰٪ موسیر + ۵۰٪ زیره سبز، ۶۰٪ موسیر + ۴۰٪ زیره سبز، ۸۰٪ موسیر +۲۰٪ زیره سبز و کشت خالص هر دو گونه بودند. تراکم غده‌های موسیر و بذر زیره سبز در تیمار کشت خالص به‌ترتیب برابر با ۱۰ و ۱۲۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. صفات مورد مطالعه شامل تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک زیره سبز و میزان تجمع ماده خشک موسیر و زیره سبز و همچنین قطر پیاز دختری، قطر پیاز مادری، وزن تر پیاز دختری، وزن تر پیاز مادری، عملکرد بیولوژیک و عملکرد تر و خشک پیاز و نسبت برابری زمین بودند. نتایج نشان داد که اثر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی بر عملکرد و اجزای عملکرد زیره سبز و موسیر معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۵$). با تغییر نسبت کاشت از کشت خالص به سمت کشت مخلوط صفات مورد مطالعه آن بهبود یافت. به طوری‌که قطر پیاز مادری و تولید پیاز دختری در نسبت‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص به‌ترتیب ۵۲ و ۶۸ درصد افزایش نشان دادند. بالاترین عملکرد پیاز خشک برای کشت خالص (۸۲/۹ گرم در متر مربع) و ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر (۸۵/۳ گرم در متر مربع) مشاهده شد. همچنین بیشترین عملکرد دانه زیره‌سبز از کشت خالص با ۱۱۵ گرم در متر مربع به‌دست آمد. بیشترین نسبت برابری زمین مربوط به تیمار ۵۰٪ زیره‌سبز+ ۵۰٪ موسیر (۱/۴۹) و کمترین مقدار برای تیمار ۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر (۱/۱۵) بود. کشت مخلوط دو گیاه موسیر و زیره سبز اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین داشت. بر این اساس، نتایج مؤید افزایش عملکرد، بهبود بهره‌وری و افزایش ثبات تولید دو گونه موسیر و زیره سبز در کشت مخلوط می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اثر متقابل، ثبات عملکرد، حفاظت خاک، کارآیی مصرف منابع، گیاهان دارویی

مقدمه

سیستم‌های کشت مخلوط از دیرباز در بیشتر مناطق دنیا اساس زراعت سنتی بوده و از نظر اکولوژیکی جزء سیستم‌های باثبات و پایدار به‌شمار می‌آیند (Boquet *et al.*, 1993; Mazaheri, 1997). مهمترین مزیت کشت‌های مخلوط که از طریق شاخص‌هایی نظیر نسبت برابری زمین[5] (LER) سنجیده می‌شود، بالاتر بودن کارایی استفاده از منابع به‌ویژه نور (Alizadeh *et al.*, 2010; Hosseinpanahi *et al.*, 2010; Koocheki *et al.*, 2012; Koocheki *et al.*, 2009; Nassiri Mahallati *et al.*, 2010)، آب (Walker and Ogindo, 2003) و نیتروژن (Alizadeh *et al.*, 2010; Khezri, 2003; Najybnya, 2010; Zhang and Li, 2003) در مقایسه با کشت خالص می‌باشد (Mazaheri, 1997; Rezvan Bidokhti, 2005)، که همین امر در بسیاری از موارد منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. در همین راستا، جهانی و همکاران (Jahani *et al.*, 2008) در تحقیقی بیشترین عملکرد بیولوژیک را در تیمار کشت مخلوط ردیفی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) – عدس (*Lens culinaris* Medik.) و کمترین آن را در کشت خالص

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته اگرواکولوژی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- دانشجوی دکتری رشته بوم‌شناسی زراعی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: m.kafi@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/gsc.v18i2.73256

5- Land Equivalent Ratio

زیره سبز گزارش نمودند. در پژوهشی دیگر، ظریف‌پور و همکاران (Zarifpour *et al.*, 2014) با بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز و نخود بیان داشتند که بیشترین عملکرد بیولوژیک زیره سبز در تیمار ۲ ردیف زیره: ۱ ردیف نخود به‌دست آمد.

از جمله مسائل مهم و حائز اهمیت در کشت مخلوط، انتخاب گیاه مناسب می‌باشد. این انتخاب باید به نحوی صورت گیرد که قرار گرفتن گونه‌های مخلوط در کنار یکدیگر موجب افزایش عملکرد در واحد سطح شده و برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی نمایان گردد. لازمه این کار، شناخت کامل گونه‌ها در ارتباط با نیازهای اکولوژیکی و نحوه پاسخ آن‌ها نسبت به محیط است (Fisher, 1976; Nachigera *et al.*, 2008; Najybnya, 2010; Najybnya, 2010; Rahimian *et al.*, 1991; Yi Kai *et al.*, 2012).

از دیرباز گیاهان دارویی از جمله منابع مهم درمان بیماری‌ها در تمام نقاط جهان بوده و در حال حاضر نیز این گیاهان از جایگاه مهمی در پزشکی سنتی برخوردار می‌باشند. در دهه‌های گذشته کاربرد این گیاهان در طب سنتی و مدرن در کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه رو به افزایش بوده است (Dash and Petra, 1979). از جمله گیاهان دارویی می‌توان زیره سبز، سیر، زیره سیاه و موسیر را نام برد.

زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) گیاهی بوته‌ای یک‌ساله از خانواده چتریان (Apiaceae) می‌باشد (Jahani *et al.*, 2008). این گیاه دارویی مهم دارای ارزش اقتصادی بالایی می‌باشد که در درمان بیماری‌های مختلف به‌عنوان ضدتشنج، ضدصرع، تقویت‌کننده معده، ادرارآور، ضدنفخ و سوءهاضمه و محرک تعریق استفاده می‌شود. مصرف این گیاه همچنین در درمان برونشیت حاد و مزمن و نفخ ناشی از سوءهاضمه، اثرات مفیدی دارد، علاوه بر آن دارای اثر مدر و زیادکننده شیر نیز می‌باشد (Haghiroalsadat *et al.*, 2011; Khory and Katrak, 1985; von Bruchhausen, 1973).

موسیر (*Allium altissimum* Regel.) یکی دیگر از مهم‌ترین گونه‌های دارویی و صنعتی جنس *Allium* بوده (Khezri, 2003) که به‌صورت چندساله با ساقه زیرزمینی از نوع پیاز است و در اکثر نقاط کوهستانی شمال خراسان و لرستان رشد و نمو می‌کند. این گیاه جز گیاهان بومی آسیای مرکزی و در ایران است (Sabzevari *et al.*, 2015) که استفاده‌های فراوانی در طب سنتی، صنایع داروسازی و صنایع غذایی دارد (Khezri, 2003). پیاز موسیر مانع از تکثیر سلول‌های سرطانی می‌شود و در درمان رماتیسم، زخم‌های سطحی، سنگ کلیه، فشار خون و اسهال کاربرد دارد (Rezvan Beydokhti *et al.*, 2011). همچنین پیاز و برگ‌های آن به‌عنوان عطر و طعم‌دهنده در صنایع غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، به علاوه این گیاه مقادیر قابل‌توجهی پتاسیم، فسفر، کلسیم، سدیم و منیزیم دارد (Khezri, 2003). با توجه به نیاز روزافزون به گیاهان دارویی و صنعتی قابل برداشت از زیستگاه‌های طبیعی و نیز تخریب روزافزون رویشگاه‌های طبیعی آن‌ها به نظر می‌رسد تولید این گونه‌ها در سیستم‌های زراعی بتواند به‌عنوان راهکاری مهم در تامین نیاز بازار رو به گسترش جهانی عمل کند (Keshtehgar *et al.*, 2015). بر این اساس، کشت و تولید گیاهان دارویی و صنعتی نه تنها راهکاری برای تامین نیازهای روزافزون ترکیبات داوریی حال و آینده است، بلکه رهیافتی اکولوژیک جهت کاهش فشار بر جوامع گیاهی عرصه‌های طبیعی نیز محسوب می‌شود (Kafi *et al.*, 2011).

همان‌گونه که ذکر گردید، در کشت مخلوط زمانی حداکثر عملکرد حاصل می‌شود که گیاهان تشکیل‌دهنده از نظر نحوه و میزان استفاده از منابع طبیعی با یکدیگر متفاوت باشند (Asadi *et al.*, 2016). براین اساس، با توجه به اختلافات مورفولوژیک و تفاوت در نحوه استفاده و میزان استفاده از منابع در دو گیاه زیره سبز و موسیر، این مطالعه با هدف بررسی اثر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی این دو گیاه بر عملکرد و اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین در شرایط آب و هوایی مشهد با هدف وارد کردن و توسعه کاشت گونه‌های دارویی و بومی در بوم‌نظام‌های زراعی و به‌منظور بهره‌گیری بهتر و کاراتر از منابع تولید و دستیابی به بهترین الگوی کشت مخلوط این دو گیاه از نظر عملکرد و ویژگی‌های اکولوژیک طراحی و اجرا گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد (با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با هفت تیمار طراحی و اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر، ۶۰٪ زیره‌سبز + ۴۰٪ موسیر، ۵۰٪ زیره‌سبز + ۵۰٪ موسیر، ۴۰٪ زیره‌سبز + ۶۰٪ موسیر،۲۰٪ زیره‌سبز + ۸۰٪ موسیر، کشت خالص موسیر و زیره سبز بود.

به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل تحقیق، قبل از شروع آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه توسط اوگر به‌صورت تصادفی چند نمونه برداشت و پس از مخلوط کردن، مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی کود دامی نیز قبل از مصرف تعیین گردید که در جدول ۱ نشان داده شده است.

عملیات تهیه بستر کاشت، شامل دیسک و لولر در اواسط آبان ماه انجام و در کلیه تیمارها به‌صورت یکنواخت ۲۰ تن در هکتار کود دامی پوسیده از نوع گاوی به خاک اضافه و به‌طور کامل تا عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر

و فاصله بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد. غده‌های موسیر (توده کلات) و بذر زیره‌سبز (توده سبزوار) به‌صورت هم‌زمان و به شیوه خشکه‌کاری در کرت‌هایی به طول سه متر و عرض سه متر روی شش ردیف با فاصله ۵۰ سانتی‌متر به‌صورت دستی در بیستم آبان ماه کاشته شدند (Kafi *et al.*, 2011).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود دامی و خاک محل اجرای آزمایش
Table 1- Some physicochemical criteria of soil in the experimental site

	بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS.cm^{-1}$)	ماده آلی Organic matter (%)	نیتروژن کل N total (ppm)	فسفر قابل جذب Available P ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب Available K ($mg.kg^{-1}$)
خاک Soil	سیلتی لوم Loam silty	7.78	0.48	0.61	653	55.5	194.38
کود دامی Manure	-------	6.5	7.1	-----------	3576	310	1600

کشت خالص روی شش ردیف انجام و برای کشت مخلوط سه ردیف به‌صورت یک ردیف در میان به هر گیاه اختصاص داده شد، به‌طوری‌که برای گیاه زیره سبز، فاصله روی ردیف برای کشت خالص ۲ سانتی‌متر و برای نسبت‌های ۸۰، ۶۰، ۵۰، ۴۰ و ۲۰ درصد به‌ترتیب ۲/۵، ۳، ۳/۵، ۴ و ۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Zarifpour *et al.*, 2014). همچنین برای گیاه موسیر، فاصله روی ردیف برای کشت خالص ۲۰ سانتی‌متر و برای نسبت‌های ۸۰، ۶۰، ۵۰، ۴۰ و ۲۰ درصد به‌ترتیب ۲۵، ۳۳، ۴۰، ۵۰ و ۱۰۰ سانتی‌متر لحاظ شد (Mansouri *et al.*, 2014).

به‌منظور سبز شدن یکنواخت و سریع بذور زیره سبز، دو نوبت آبیاری، یکی بلافاصله بعد از کاشت و دیگری ۲۰ روز بعد انجام شد و در طول فصل رشد در مرحله گلدهی هر دو گیاه نیز آبیاری تکمیلی صورت گرفت. زمان سبز شدن دو گیاه موسیر و زیره سبز به‌ترتیب ۱۹ و ۱۲ روز بعد از سبز شدن بود. عملیات تنک کردن گیاهان برای دستیابی به تراکم مورد نظر و همچنین وجین علف‌های هرز دو هفته پس از سبز شدن به‌صورت دستی انجام گرفت. حذف علف‌های هرز به‌صورت مرتب در طول فصل رشد انجام شد. همچنین به‌منظور اجرای سیستم اکولوژیک و کم‌نهاده از هیچ‌گونه نهاده شیمیایی در طول فصل رشد جهت حفاظت از گیاهان و بهبود رشد استفاده نشد.

هر دو گیاه زیره سبز و موسیر در نیمه اول تیر ماه برداشت شدند. نمونه‌ها به تفکیک وزن شدند و جهت تعیین وزن خشک درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفته و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شدند و در نهایت، وزن خشک آن‌ها تعیین شد. صفات اندازه‌گیری شده برای زیره‌سبز شامل اجزای عملکرد اعم از تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر، تعداد چترک در چتر و وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک و دانه و برای موسیر شامل قطر پیاز مادری، قطر پیاز دختری، وزن پیاز دختری، وزن پیاز مادری، عملکرد تر پیاز و خشک پیاز، عملکرد بیولوژیک و درصد تولید پیاز دختری (معادله ۱) بودند (Kafi *et al.*, 2011; Keshtehgar *et al.*, 2015).

$$\text{درصد پیاز دختری} = 100 \times \frac{\text{تعداد پیاز دختری در واحد سطح}}{\text{تعداد پیاز مادری در واحد سطح}} \quad (۱)$$

شاخص برداشت زیره‌سبز از نسبت عملکرد دانه به بیولوژیک و برای موسیر از نسبت عملکرد غده به عملکرد بیولوژیک محاسبه گردید.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Minitab Version 16 استفاده شد و مقایسه میانگین داده‌ها نیز بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. نمودارها با نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

عملکرد پیاز تر و خشک موسیر: عملکرد پیاز تر و خشک موسیر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با زیره سبز قرار گرفت ($p\leq ۰/۰۱$) (جدول ۲). عملکرد پیاز تر در واقع، مجموع پیاز دختری و مادری بود، بنابراین روند افزایش آن از تیمار ۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر به سمت کشت خالص موسیر مانند عملکرد پیاز دختری و مادری بود و با افزایش تراکم، عملکرد تر و خشک پیاز موسیر که مهم‌ترین بخش اقتصادی این گیاه محسوب می‌شود (Mansouri *et al.*, 2014; Sabzevari *et al.*, 2015)، افزایش یافت؛ به طوری‌که بالاترین و کمترین عملکرد پیاز تر به‌ترتیب از کشت خالص موسیر و ۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر به‌دست آمد. در مقایسه بین تیمارهای جایگزینی، تیمار ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر (۲۸۴/۵ گرم بر متر مربع) دارای بیشترین عملکرد پیاز تر بود (جدول ۳).

روند افزایش وزن خشک نیز مانند عملکرد پیاز تر بود و در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری پذیرفت (جدول ۲). به‌طوری‌که بالاترین عملکرد پیاز خشک از تیمارهای کشت خالص (۸۹/۲ گرم در

متر مربع) و در بین تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی تیمار ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر (۸۵/۳ گرم در متر مربع) بالاترین مقدار را به‌خود اختصاص داد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نشان ندادند (جدول ۳). کمترین عملکرد خشک نیز از تیمار ۸۰٪ زیره‌سبز+ ۲۰٪ موسیر (۳۰/۵ گرم در متر مربع) به‌دست آمد که نسبت به کشت خالص ۶۳ درصد کاهش نشان داد. همچنین بین تیمارهای ۴۰٪ زیره‌سبز+ ۶۰٪ موسیر و ۵۰٪ زیره‌سبز+ ۵۰٪ موسیر در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). چنین به نظر می‌رسد که افزایش تراکم کشت در گیاه موسیر تأثیر قابل توجهی بر عملکرد تر و خشک پیاز در این گیاه داشت، به طوری‌که افزایش تراکم کاشت منجر به افزایش عملکرد تر و خشک پیاز در این گیاه گردید که با نتایج کافی و همکاران (Kafi *et al.*, 2011) نیز مطابقت داشت.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط ردیفی زیره سبز بر عملکرد موسیر و زیره سبز

Table 2- Results of variance analysis (mean of squares) for the effect of intercropping ratios of cumin on yield cumin and yield shallot

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد پیاز تر موسیر Fresh yield of bulb	عملکرد پیاز خشک موسیر Dry yield of bulb	عملکرد بیولوژیک موسیر Biological yield	عملکرد دانه زیره سبز Seed yield	عملکرد بیولوژیک زیره سبز Biological yield
تکرار Replication	2	452 ns	40.7 ns	171.2 ns	22.5ns	ns351.02
تیمار Treatment	5	15723 **	1415 **	27404 **	1531.7**	**13583.2
خطا Error	10	246	22.13	74	123.5	261.05
CV (%) ضریب تغییرات (٪)		32.73	32.35	35.25	26.93	14.69

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns, * and **: are non-significant and significant and at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با زیره‌سبز بر عملکرد خشک و تر پیاز موسیر

Table 3- Mean comparisons for the effect of intercropping ratios with cumin on dry and fresh bulb yield of Persian shallot

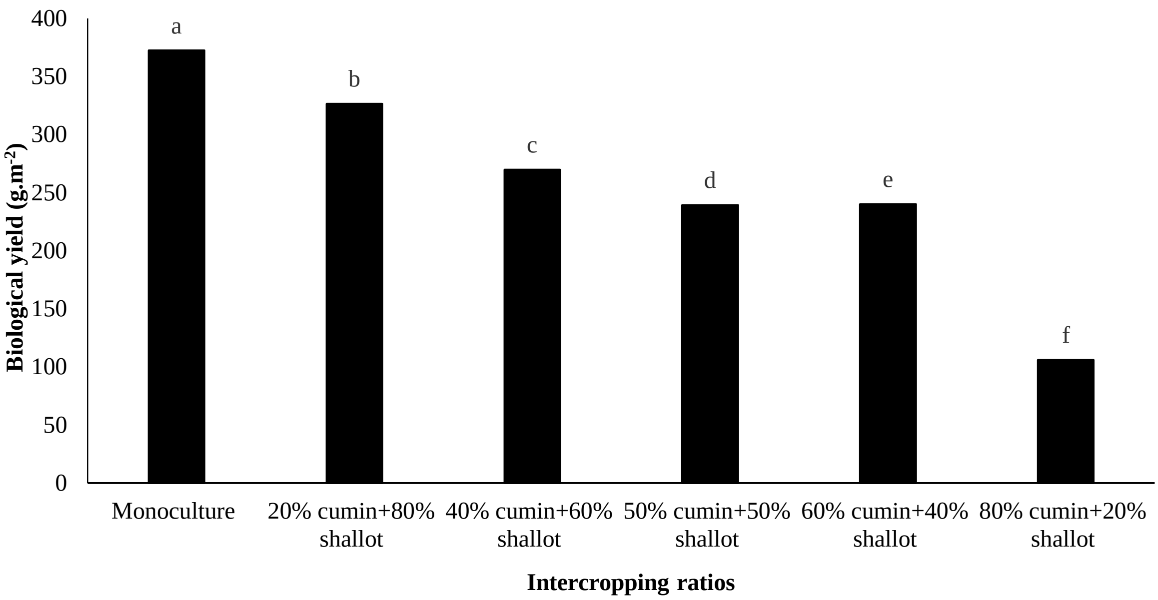
نسبت‌های مخلوط Intercropping ratios	عملکرد پیاز تر Fresh yield of bulb (g.m^{-2})	عملکرد پیاز خشک Dry yield of bulb (g.m^{-2})	عملکرد پیاز تر موسیر Fresh yield of bulb (per plant)	عملکرد پیاز خشک موسیر Dry yield of bulb (per plant)
۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر 80% cumin+20% Persian shallot	101.7	30.5	101.70	30.50
۶۰٪ زیره‌سبز+ ۴۰٪ موسیر 60% cumin+40% Persian shallot	185.7	55.7	92.85	27.85
۵۰٪ زیره‌سبز+ ۵۰٪ موسیر 50% cumin+50% Persian shallot	223.1	66.9	89.24	26.76
۴۰٪ زیره‌سبز + ۶۰٪ موسیر 40% cumin+60% Persian shallot	229.7	68.9	76.57	22.97
۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر 20% cumin+80% Persian shallot	284.5	85.3	71.13	21.33
کشت خالص Pure culture	302.4	89.2	60.48	17.84
LSD (5%)	25.61*	7.68	6.07	3.35

* هر دو میانگین متوالی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD کمتر باشد، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Every two-consecutive mean that their difference is lower than LSD have no significant difference at 5% probability level.

عملکرد پیاز تر و خشک موسیر: بر اساس نتایج، بیشترین عملکرد پیاز تر موسیر به ازای تک بوته در تیمار ۸۰٪ زیره سبز+۲۰٪ موسیر (۱۰۱/۷۰ گرم در بوته) و کمترین عملکرد آن به ازای تک بوته در تیمار کشت خالص موسیر (۶۰/۴۸ گرم در بوته) به‌دست آمد. به‌عبارتی با افزایش درصد موسیر در نسبت‌های کشت مخلوط از ۲۰ درصد به ۱۰۰ درصد میزان عملکرد پیاز تر موسیر ۴۰ درصد کاهش یافت. بیشترین و کمترین عملکرد خشک پیاز موسیر نیز تقریباً مشابه بود؛ به‌طوری‌که با افزایش درصد موسیر در نسبت‌های کشت مخلوط از ۲۰ به ۱۰۰ درصد عملکرد پیاز خشک موسیر نیز ۴۱ درصد کاهش یافت (جدول ۳).

عملکرد بیولوژیک موسیر: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک موسیر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با زیره سبز قرار گرفت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک موسیر مربوط به کشت خالص با ۳۸۰ گرم در متر مربع و کمترین میزان برای تیمار ۸۰٪ زیره‌سبز+ ۲۰٪ موسیر با میزان ۱۰۹ گرم در متر مربع بود که ۷۱ درصد کاهش نسبت به کشت خالص نشان داد. در مقایسه بین سری‌های جایگزینی، تیمار ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر (۳۲۶/۹ گرم بر متر مربع) دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک بود (شکل ۱).



شکل ۱- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با زیره سبز بر عملکرد بیولوژیک موسیر

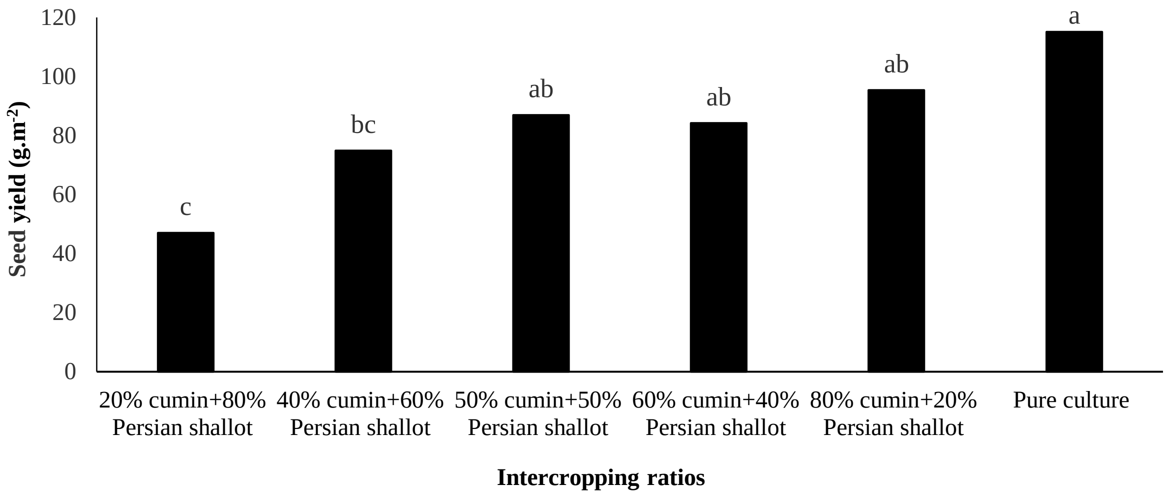
Figure 1- The effect of intercropping ratios with cumin on biological yield of Persian shallot

میانگین‌های دارای حروف مشترک با یکدیگر اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letter(s) have no significant difference based on LSD test at 5% probability level.

عملکرد دانه زیره سبز: اثر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با موسیر به‌طور معنی‌داری عملکرد دانه زیره سبز را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، بیشترین عملکرد دانه از کشت خالص زیره‌سبز با ۱۱۵ گرم در متر مربع به‌دست آمد و حداقل عملکرد (۴۷ گرم در متر مربع) به تیمار ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر اختصاص داشت. کاهش عملکرد در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را می‌توان به کاهش تراکم و فضای اختصاص یافته به بوته‌ها جهت رشد در نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی نسبت داد (Keshtehgar *et al.*, 2015). خرم‌دل و همکاران (Khorramdel *et al.*, 2016) با مطالعه تاثیر نسبت‌های کشت مخلوط افزایشی زیره سبز با زعفران (*Crocus sativus* L.) گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه زیره سبز برای کشت خالص با ۱۲۰/۸۷ گرم بر متر مربع به‌دست آمد. ظریف‌پور و همکاران (Zarifpour *et al.*, 2014) نیز با بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات کمی و کیفی زیره سبز و نخود گزارش نمودند که بیشترین عملکرد زیره سبز دانه (۶۰/۵۰ کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص مشاهده شد. همچنین با جابه‌جایی از کشت خالص به مخلوط از عملکرد این گیاه کاسته شد. این کاهش عملکرد در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را می‌توان به رقابت بین گونه‌ای بر سر جذب منابع نسبت داد. آن‌ها همچنین بیان داشتند که مجموع عملکرد دو گیاه در تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از

کشت خالص بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط بر کشت خالص این گونه‌ها می‌باشد.



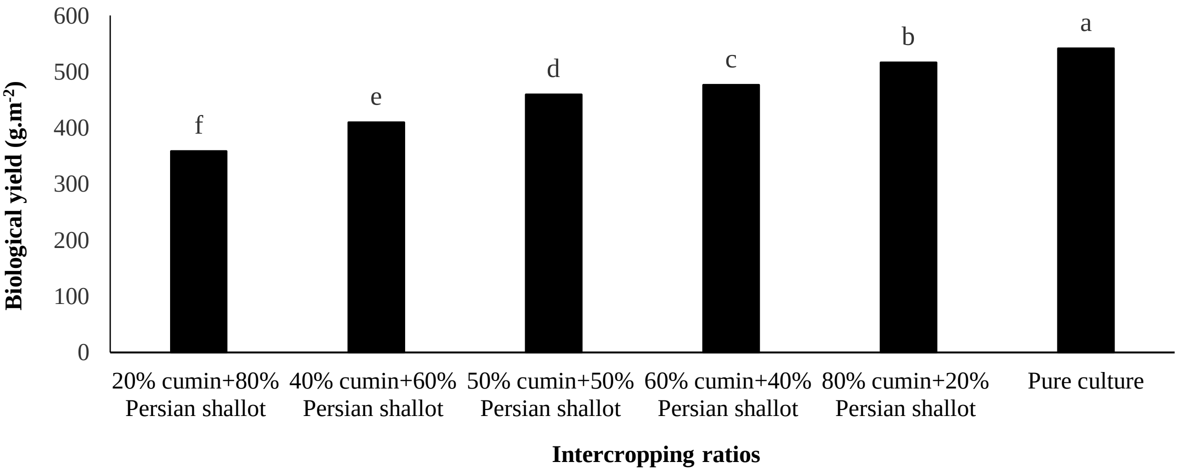
شکل ۲- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با موسیر بر عملکرد دانه زیره سبز

Figure 2- The effect of intercropping ratios with Persian shallot on seed yield of cumin

میانگین‌های دارای حروف مشترک با یکدیگر اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letter(s) have no significant difference based on LSD test at 5% probability level.

عملکرد بیولوژیک زیره سبز: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک زیره سبز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با موسیر قرار گرفت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب از تیمارهای کشت خالص (۵۴۱/۳ گرم بر متر مربع) و ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر (۳۵۸/۵ گرم بر متر مربع) با ۳۳ درصد کاهش نسبت به کشت خالص به‌دست آمد. در مقایسه بین نسبت‌های جایگزینی، تیمار ۸۰٪ زیره‌سبز+ ۲۰٪ موسیر (۵۱۶/۵ گرم بر متر مربع) دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک زیره سبز بود (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های کشت مخلوط با موسیر بر عملکرد بیولوژیک زیره سبز

Figure 3- The effect of intercropping ratios with Persian shallot on biological yield of cumin

میانگین‌های دارای حروف مشترک با یکدیگر اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letter(s) have no significant difference based on LSD test at 5% probability level.

بر این اساس و با توجه به توضیحات ذکر شده در فوق، بدیهی است که عملکرد بیولوژیک بالاتر زیره‌سبز در کشت خالص عمدتاً به دلیل تراکم بیشتر آن نسبت به تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی با موسیر می‌باشد. همچنین می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که با کاهش تراکم کاشت زیره سبز در نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با موسیر به دلیل افزایش رقابت بین گونه‌ای بر سر جذب آب و مواد غذایی عملکرد کاهش یافت. کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2012) در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی و لوبیا نتیجه گرفتند که بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا در کشت خالص به‌دست آمد. علیزاده و همکاران (Alizadeh *et al.*, 2016) در بررسی کشت مخلوط ریحان و لوبیا نشان دادند که به دلیل کاهش فشار رقابت بین گونه‌ای بالاترین عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا از کشت خالص با کنترل علف‌های هرز به‌دست آمد. ظریف‌پور و همکاران (Zarifpour *et al.*, 2014) نیز بیان کردند که با تغییر الگوی کاشت به سمت تک‌ردیفی عملکرد بیولوژیک زیره سبز کاهش پیدا کرد، به طوری‌که بالاترین عملکرد بیولوژیک زیره سبز (۳۶۵/۵۴ کیلوگرم در هکتار) در بین تیمارهای مختلف آرایش کاشت نیز در تیمار دو ردیف زیره: یک ردیف نخود مشاهده شد. راعی و همکاران (Raei *et al.*, 2008) نیز بیان داشتند که در کشت مخلوط سورگوم و سویا، افزایش تراکم سویا از عملکرد بیولوژیک سورگوم کاسته شد، آن‌ها دلیل این امر را افزایش رقابت برون‌گونه‌ای سویا بر بوته‌های سورگوم عنوان کردند.

میزان تجمع ماده خشک موسیر: میزان تجمع ماده خشک حداکثر موسیر به‌طور معنی‌داری (p≤۰/۰۱) تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط قرار گرفت (جدول ۴).

بیشترین میزان تجمع ماده خشک حداکثر موسیر مربوط به کشت خالص موسیر با ۲۸۹/۵ گرم در متر مربع بود و کمترین میزان به تیمار ۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر با ۷۸/۶ گرم در متر مربع تعلق داشت (شکل ۴) و با جابه‌جایی از کشت خالص به سمت نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با موسیر به دلیل کاهش تراکم بوته و فضای اختصاص یافته به این گیاه از تجمع ماده خشک آن کاسته شد. همچنین به نظر می‌رسد که عدم رقابت برای کسب منابع موجود از یک سو و وجود فضای کافی برای رشد بوته‌ها از سوی دیگر، موجب شده که میانگین اجزای عملکرد در پیاز موسیر در واحد تک بوته در تراکم‌های پایین افزایش یابد. سبزواری و همکاران (Sabzevari *et al.*, 2013) نیز در آزمایشی بیان کردند که بیشترین وزن خشک موسیر از بالاترین تراکم به‌دست آمد.

تولید پیاز دختری: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تولید پیاز دختری موسیر به طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با زیره‌سبز قرار گرفت (p≤۰/۰۱) (جدول ۴). بیشترین درصد تولید پیاز دختر مربوط به ۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر با ۲۶/۴ درصد و کمترین میزان تولید پیاز دختری از کشت خالص موسیر با میزان ۱۵/۷ درصد به‌دست آمد (جدول ۵).

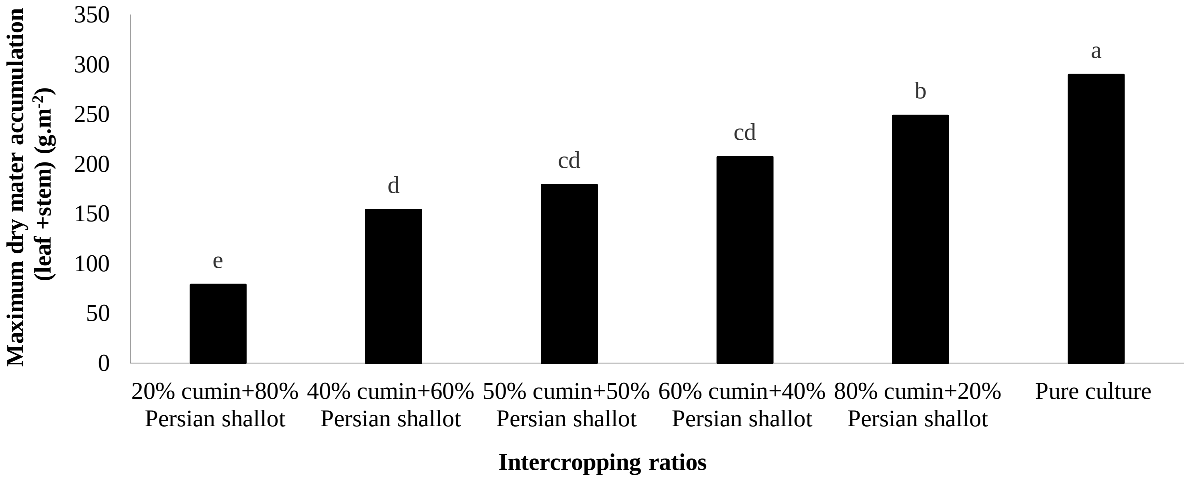
جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط با زیره سبز بر اجزای عملکرد موسیر

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of intercropping ratios with cumin on yield components of Persian shallot

منبع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	میزان تجمع ماده خشک حداکثر (برگ و ساقه) Maximum dry mater accumulation (leaf+stem)	تولید پیاز دختری Production of daughter bulb	قطر پیاز مادری Diameter of mother bulb	وزن تر پیاز مادری Fresh dry weight of mother bulb	قطر پیاز دختری Diameter of daughter bulb	وزن تر پیاز دختری Fresh dry weight of daughter bulb
تکرار Replication	2	68 ns	25.68 ns	0.03 ns	186 ns	0.03 ns	22.18 ns
تیمار Treatment	5	16447 **	49.77 *	1.24 **	13372.2 **	0.027 ns	95.59 **
خطا Error	10	93	9.6	0.02	158.5	0.06	8.20
ضریب تغییرات (٪) **CV (%)**		38.4	18.5	15.1	33.0	14. 8	30. 3

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns, * and **: are non-significant and significant and at 5 and 1% probability levels, respectively.



شکل ٤- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با زیره سبز بر میزان تجمع ماده خشک (برگ و ساقه) موسیر

Figure 4- The effect of intercropping ratios with cumin on maximum dry mater accumulation (Leaf+ stem) of Persian Shallot

میانگین‌های دارای حروف مشترک با یکدیگر اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letter(s) have no significant difference based on LSD test at 5% probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با زیره‌سبز بر اجزای عملکرد موسیر

Table5- Mean comparisons for the effect of intercropping ratios with cumin on yield components of Persian shallot

نسبت‌های مخلوط **Intercropping ratios**	تولید پیاز دختری **Production of daughter bulb (%)**	قطر پیاز مادری **Diameter of mother bulb (cm)**	وزن تر پیاز مادری **Fresh dry weight of mother bulb (g.m^{-2})**	وزن تر پیاز دختری **Fresh dry weight of daughter bulb (g.m^{-2})**
۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر 80% cumin+20% Persian shallot	26.4	5.5	92.5	9.2
۶۰٪ زیره‌سبز+ ۴۰٪ موسیر 60% cumin+40% Persian shallot	25.1	4.9	169.7	16
۵۰٪ زیره‌سبز+ ۵۰٪ موسیر 50% cumin+50% Persian shallot	24.4	4.4	204.8	18.3
۴۰٪ زیره‌سبز + ۶۰٪ موسیر 40% cumin+60% Persian shallot	21.6	4.3	209.4	20.3
۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر 20% cumin+80% Persian shallot	19.11	4	260.5	23.9
کشت خالص Pure culture	15.7	3.6	278	24.5
LSD	5.06*	0.23	20.55	4.68

* هر دو میانگین متوالی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD کمتر باشد، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Every two-consecutive mean that their difference is lower than LSD have no significant difference at 5% probability level.

نتایج رضوان بیدختی و همکاران (Rezvan Beydokhti *et al.*, 2011) نشان داد که همبستگی مثبت بین وزن پیاز مادری در بوته با درصد تولید پیاز دختری (بچه‌زایی)، وزن و قطر پیاز دختری و همچنین قطر پیاز مادری وجود داشت. به‌طوری‌که بیان کردند که کمترین درصد تولید پیاز دختری و قطر پیاز دختری در کشت‌های بهاره (۱ و ۲۵ اسفند) و تراکم بالا (۱۴ و ۱۸ بوته در متر مربع) و بیشترین مقدار آن در کشت‌های پاییزه (۲۵ مهر و ۲۵ آبان) و تراکم پایین (۶ و ۱۰ بوته در متر مربع) به‌دست آمد. درصد تولید پیاز دختری (بچه‌زایی) در تکثیر غیرجنسی گیاه موسیر از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است، زیرا به‌ندرت مشاهده شده است که پیاز مادری هم‌زمان با تولید گل آذین دو یا چند پیاز دختری تولید نماید. علاوه بر عوامل ژنتیکی، عوامل زراعی نیز تعیین‌کننده درصد تولید پیاز دختری

در موسیر می‌باشد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود از کاشت پیازهای درشت مادری موسیر به‌عنوان راهکاری زراعی برای بهبود عملکرد آن در مزارع بهره‌گیری شود.

قطر و وزن پیاز مادری: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تفاوت بین تیمارهای مخلوط با زیره سبز از نظر قطر پیاز مادری و وزن پیاز مادری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). کمترین قطر پیاز مادری مربوط به کشت خالص موسیر با ۳/۶ سانتی‌متر بود. همچنین بیشترین قطر از تیمار ۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر با ۵/۵ سانتی‌متر به‌دست آمد که ۳۴ درصد افزایش نسبت به کشت خالص نشان می‌دهد (جدول ۵). این نتیجه با نتایج سبزواری و همکاران (Sabzevari *et al.*, 2013) مبنی بر تولید بیشترین قطر در کمترین تراکم بوته موسیر به دلیل وجود فضا مطابقت داشت.

همچنین بیشترین وزن پیاز مادری مربوط به کشت خالص موسیر با ۲۷۸ گرم در متر مربع بود که با تیمارهای ۴۰٪ زیره‌سبز+ ۶۰٪ موسیر و ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین وزن تر پیاز مادری مربوط به تیمار ۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر با ۹۲/۵ بود (جدول ۵) که عواملی مانند افزایش سطح اختصاص‌یافته به موسیر در تک‌کشتی و افزایش تراکم در کشت خالص در مقایسه با نسبت‌های مخلوط می‌توانند در این امر دخیل باشند. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که عدم رقابت برای جذب منابع موجود از یک سو و در اختیار قرار داشتن فضای کافی برای رشد از سوی دیگر، موجب شده که میانگین اجزای عملکرد موسیر در واحد تک بوته در تراکم‌های پایین افزایش نشان دهد.

قطر و وزن پیاز دختری: قطر پیاز دختری موسیر تحت تأثیر معنی‌دار نسبت‌های کشت مخلوط ردیفی با زیره‌سبز قرار نگرفت (جدول ۴)، همچنین نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با زیره سبز به‌طور معنی‌داری وزن تر پیاز دختری را تحت تأثیر قرار داد (p≤۰/۰۱) (جدول ۴). وزن تر پیاز دختری نیز روندی مانند وزن پیاز مادری داشت، به‌طوری‌که بیشترین وزن تر پیاز دختری مربوط به کشت خالص موسیر با ۲۴/۵ گرم در متر مربع و کمترین میزان این صفت نیز مربوط به تیمار ۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر با میزان ۹/۲ گرم در متر مربع بود (جدول ۵).

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط ردیفی با موسیر بر اجزای عملکرد زیره‌سبز

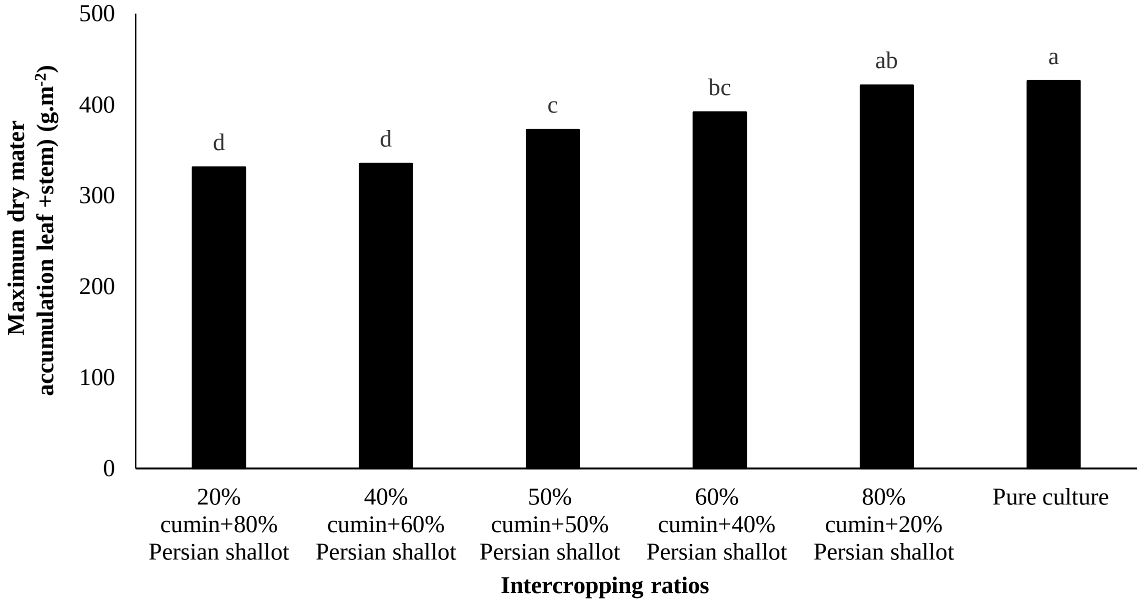
Table 6- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of intercropping ratios with Persian shallot on yield components of cumin

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	تجمع ماده خشک حداکثر Maximum dry mater accumulation (leaf+ stem)	تعداد چتر در بوته Number of umbels per plant	تعداد دانه در چتر Number of seeds per umbels	وزن هزار دانه 1000-seed weight
تکرار Replication	2	496.1 ^{ns}	0.34^{ns}	0.38 ^{ns}	0.03^{ns}
تیمار Treatment	5	6413.3**	115.32**	2.22 ^{ns}	0.04^{ns}
خطا Error	10	270.5	0.69	8.32	0.11
ضریب تغییرات CV (٪)		4.4	3.6	13.0	12.9

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns, * and **: are non-significant and significant and at 5 and 1% probability levels, respectively.

میزان تجمع ماده خشک زیره سبز: میزان تجمع ماده خشک حداکثر زیره سبز به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط قرار گرفت (p≤۰/۰۱) (جدول ۶). بیشترین میزان تجمع ماده خشک حداکثر زیره سبز برای کشت خالص با ۴۲۶/۱ گرم در متر مربع به‌دست آمد و کمترین میزان تجمع ماده خشک مربوط به تیمار ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر با ۳۱۱/۴ گرم در متر مربع (۲۶ درصد کاهش نسبت به کشت خالص) بود (شکل ۵). با مقایسه نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی به نظر می‌رسد که با کاهش تراکم زیره سبز از کشت خالص به نسبت‌های مختلف کشت مخلوط از عملکرد دانه زیره‌سبز کاسته شد. بر این اساس، دلیل این کاهش عملکرد در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، عمدتاً مربوط به کاهش تعداد بوته در واحد سطح می‌باشد. ظریف‌پور و همکاران (Zarifpour *et al.*, 2014) بیشترین عملکرد ماده خشک حداکثر را در کشت خالص زیره‌سبز در مقایسه با کشت مخلوط با نخود گزارش کردند.



شکل ۵- اثر نسبت‌های کشت مخلوط با موسیر بر میزان تجمع ماده خشک (برگ و ساقه) زیره سبز

Figure 5- The effect of intercropping ratios with Persian shallot on maximum dry mater accumulation (leaf+ stem) of cumin

میانگین‌های دارای حروف مشترک با یکدیگر اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with same letter(s) have no significant difference based on LSD test at 5% probability level.

تعداد چتر در بوته: اثر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با موسیر بر تعداد چتر در بوته زیره سبز معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود. (جدول ۶). بیشترین تعداد چتر در بوته مربوط به تیمار ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر با ۳۲/۲ چتر در بوته و کمترین میزان چتر در بوته مربوط به کشت خالص زیره‌سبز با ۱۵/۹ چتر در بوته بود (جدول ۷). با تغییر نسبت کاشت از ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر به ۴۰٪ زیره‌سبز+ ۶۰٪ موسیر، تعداد چتر در بوته حدود ۱۲ درصد کاهش یافت، در حالی‌که میزان این کاهش با تغییر نسبت کاشت از ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر به کشت خالص زیره سبز حدود ۵۰ درصد بود (جدول ۷). همچنین بین نسبت‌های کشت ۶۰٪ زیره‌سبز+ ۴۰٪ موسیر و ۸۰٪ زیره‌سبز+ ۲۰٪ موسیر تفاوت معنی‌داری مشاهد نشد (جدول ۷). به نظر می‌رسد که با کاهش تعداد بوته از طریق کاهش رقابت درون گونه‌ای و افزایش فراهمی رطوبت، مواد غذایی و سایر عوامل رشد به‌ویژه نور برای بوته‌ها بیشتر شده که این امر در نهایت، با افزایش رشد موجب افزایش رشد رویشی و به تبع آن بهبود تعداد شاخه جانبی و تعداد چتر در بوته شده است. کافی (Kafi, 1989) با بررسی اثر تراکم بر تعداد چتر در بوته زیره سبز عنوان نمود در تراکم‌های کمتر، تعداد چتر در بوته افزایش می‌یابد و در تراکم‌های بالاتر به دلیل کاهش فضای قابل دسترس و تشدید رقابت بین بوته‌ها، احتمالاً بوته‌ها نمی‌توانند تعداد چتر بیشتری تولید کنند.

تعداد دانه در چتر: تعداد دانه در چتر زیره سبز تحت تأثیر معنی‌دار نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی با موسیر قرار نگرفت (جدول ۶)، به نظر می‌رسد که تعداد دانه در چتر صفتی ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل مدیریتی نظیر تراکم و کشت مخلوط قرار می‌گیرد (Kafi, 1989).

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس مؤید عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با موسیر بر وزن هزار دانه زیره‌سبز بود (جدول ۶). در همین راستا، لافوند (Lafond, 1994) عنوان نمود که در بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه در گونه‌های مختلف گیاهی، صفتی است که وابستگی بالایی به ویژگی‌های ژنتیکی داشته و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. ساهو و همکاران (Chao Dai *et al.*, 2012) در کشت مخلوط آفتابگردان و بادام زمینی اعلام کردند که وزن صد دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت تأثیر کشت مخلوط قرار نگرفت. بر این اساس، به نظر می‌رسد با توجه به وجود رابطه مثبت بین عملکرد با وزن هزار دانه (Zarifpour *et al.*, 2014; Olsson, 1960)، به منظور حصول عملکرد بالاتر زیره سبز، کاشت ارقام و توده‌های با وزن هزار دانه بالا به‌ویژه در زراعت گونه‌های دارویی که ویژگی‌های آن‌ها بیشتر متأثر از ژنتیک می‌باشد، مدنظر قرار داده شود.

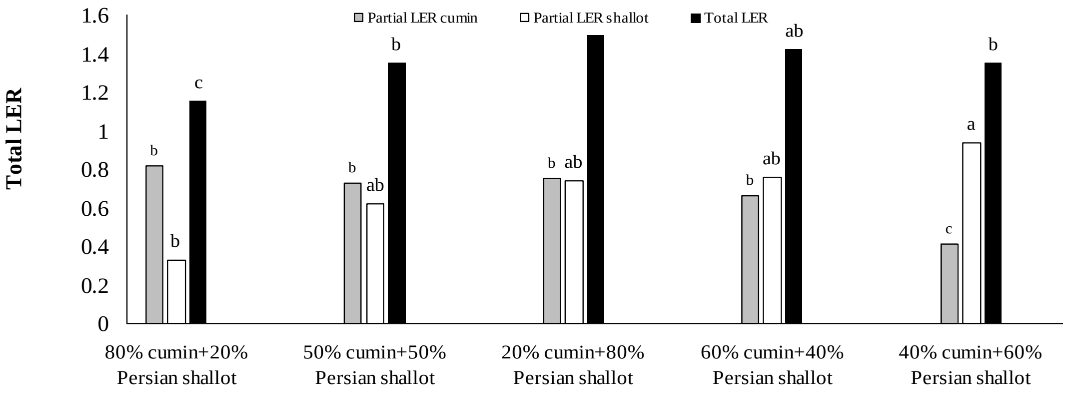
جدول ۷- اثر نسبت‌های کشت مخلوط ردیفی با موسیر بر تعداد چتر در بوته زیره‌سبز
Table 7- The effect of intercropping ratios with Persian shallot on number of umbels per plant of cumin

نسبت‌های مخلوط Intercropping ratios	تعداد چتر در بوته Number of umbels per plant	عملکرد دانه زیره سبز Seed yield of shallot(per plant)
۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر 80% cumin+20% shallot	18.4	1.18
۶۰٪ زیره‌سبز+ ۴۰٪ موسیر 60% cumin+40% shallot	20.5	2.27
۵۰٪ زیره‌سبز+ ۵۰٪ موسیر 50% cumin+50% shallot	24.6	3.00
۴۰٪ زیره‌سبز + ۶۰٪ موسیر 40% cumin+60% shallot	28.3	3.37
۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر 20% cumin+80% shallot	32.2	7.63
کشت خالص Pure culture	15.9	2.30
LSD	1.35*	2.58

* هر دو میانگین متوالی که اختلاف آن‌ها از مقدار LSD کمتر باشد، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.
Every two-consecutive mean that their difference is lower than LSD have no significant difference at 5% probability level.

عملکرد دانه زیره سبز(به ازای تک بوته): مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه زیره سبز به ازای تک بوته در تیمار ۲۰٪ زیره سبز+۸۰٪ موسیر (۷/۶۳ گرم به ازای بوته) و کمترین آن در تیمار ۸۰٪ زیره سبز +۲۰٪ موسیر (۱/۱۸ گرم به ازای بوته) به‌دست آمد. به‌طوری‌که کاهش نسبت زیره سبز در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط از ۸۰٪ به ۲۰٪ باعث افزایش ۸۵ درصدی در عملکرد دانه زیره سبز شد (جدول ۷).

نسبت برابری زمین: اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی زیره سبز با موسیر بر نسبت برابری زمین جزئی دو گونه و کل معنی‌دار بود. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، LER کل در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی موسیر با زیره سبز بالاتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی این دو گونه می‌باشد. از میان نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، بیشترین LER کل در تیمار ۵۰٪ زیره‌سبز+ ۵۰٪ موسیر با ۱/۴۹ و کمترین مقدار مربوط به تیمار ۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر با ۱/۱۵ محاسبه شد. در نسبت‌های پایین حضور زیره سبز در کشت مخلوط جایگزینی با موسیر، گونه موسیر تأثیر مثبت بیشتری پذیرفته است؛ در حالی‌که با افزایش سهم زیره‌سبز در کشت مخلوط، این گیاه تأثیر مثبت بیشتری از همراهی با موسیر پذیرفت که این امر باعث افزایش نسبت برابری زمین جزئی آن در مقایسه با این شاخص برای گونه دیگر گردید (شکل ۶).



شکل ٦- نسبت برابری زمین جزئی و کل در نسبت‌های کشت مخلوط زیره‌سبز و موسیر
Figure 6- Partial and total land equivalent ratio for intercropping ratios of cumin and Persian shallot
میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر جزء، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.
Means with same letter(s) for each component have no significant difference based on LSD test at 5% probability level.

به‌طور کلی، بر اساس نتایج LER جزئی زیره سبز می‌توان این گونه استنباط کرد، زمانی‌که زیره سبز با تراکم‌های بالاتر موسیر (۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر و ۴۰٪ زیره‌سبز + ۶۰٪ موسیر) همراه بود، به دلیل انبوهی پوشش گیاهی موسیر، بزرگ‌تر بودن کانوپی آن و همین طور سایه‌اندازی بر زیره سبز و رقابت بین گونه‌ای بالا، با افت عملکرد همراه بود. از طرف دیگر، زمانی‌که موسیر در تراکم پایین‌تری با زیره سبز کاشته شد (مثل تیمارهای ۸۰٪ زیره‌سبز+ ۲۰٪ موسیر و ۶۰٪ زیره‌سبز+ ۴۰٪ موسیر)، به دلیل بهبود شرایط مثل زیاد شدن فضای قابل دسترس و نور برای فعالیت و رشد و فتوسنتز، زیره سبز توانست عملکرد بالاتری از خود نشان دهد. نتایج مطالعات الهدادی و همکاران (Allahdadi *et al.*, 2013) روی کشت مخلوط ردیفی سویا و همیشه بهار و رضوانی‌مقدم و مرادی (Rezvani Moghaddam and Moradi, 2012) بر کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله مؤید افزایش نسبت برابری زمین در الگوهای کشت مخلوط بود. در بررسی دیگر بر روی کشت مخلوط کنجد و لوبیا مشاهده شد که در تمامی تیمارهای مخلوط، LER بالاتر از یک به‌دست آمد (Noorbakhsh, 2012).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد زیره‌سبز و موسیر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی قرار گرفت. بیشترین تعداد چتر در بوته و بیشترین تعداد چترک در چتر زیره سبز مربوط به تیمار ۲۰٪ زیره‌سبز+ ۸۰٪ موسیر بود. به‌واسطه کشت مخلوط با زیره سبز، تعداد بوته‌های موسیر کشت شده کاهش یافت، لذا با کاهش تعداد بوته در واحد سطح از طریق کاهش رقابت درون گونه‌ای و افزایش فراهمی رطوبت، مواد غذایی و سایر عوامل رشد به‌ویژه نور برای بوته‌های زیره سبز بیشتر شده که این امر در نهایت، با افزایش رشد، موجب افزایش تعداد شاخه جانبی و تعداد چتر در بوته شده است.

همچنین بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک زیره‌سبز از کشت خالص به‌دست آمد. این کاهش عملکرد در تیمارهای مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را می‌توان به کاهش تراکم و فضای اختصاص یافته به بوته‌ها جهت رشد در نسبت‌های کشت مخلوط جایگزینی نسبت داد. درصد تولید پیاز دختری، وزن تر پیاز دختری، قطر و وزن تر پیاز مادری و عملکرد پیاز (تر و خشک) در موسیر نیز تحت تأثیر معنی‌دار نسبت‌های کشت مخلوط با زیره سبز قرار گرفت؛ به‌طوری‌که بیشترین درصد تولید پیاز دختر، قطر پیاز مادری و قطر پیاز دختری در کمترین تراکم موسیر (۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر) به‌دست آمد که احتمالاً به دلیل افزایش فضای قابل دسترس و کاهش رقابت درون گونه‌ای بین بوته‌ها بوده است. همچنین بیشترین وزن پیاز مادری، وزن تر پیاز دختری و عملکرد پیاز تر (مجموع پیاز دختری و مادری) و عملکرد پیاز خشک از کشت خالص موسیر به‌دست آمد؛ به‌طوری‌که با بالا رفتن تراکم، مقدار آن افزایش یافت. بیشترین عملکرد بیولوژیک نیز مربوط به کشت خالص موسیر بود. ارزیابی نسبت برابری زمین (LER) نیز در تمامی تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی بیشتر از یک بود و بالاترین میزان در کشت مخلوط ۵۰٪ موسیر + ۵۰٪ زیره‌سبز با ۱/۴۹ و کمترین مقدار در ۸۰٪ زیره‌سبز + ۲۰٪ موسیر با ۱/۱۵ به‌دست آمد. همچنین گیاه زیره سبز از همراهی با موسیر تأثیر مثبت‌تری پذیرفته است. بر این اساس، از آنجا که سیستم‌های کشت مخلوط یکی از روش‌های مدیریت تولید محصولات گیاهان دارویی است که در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار و عملکرد مطلوب با حداقل مصرف یا بدون مصرف نهاده‌های خارجی اجرا می‌گردد، توصیه می‌گردد که توسعه کشت و کار این گیاهان دارویی به‌صورت کشت مخلوط به منظور بهبود ویژگی‌های اکولوژیکی آن‌ها در بوم‌نظام‌های زراعی به‌طور ویژه‌ای مد نظر قرار گیرد.

References

1. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2016. Evaluation of radiation use efficiency of intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and herb sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2 (1): 85-94. (in Persian with English abstract).
2. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). Iranian Journal of Field Crops Research 7 (2): 541-553. (in Persian with English abstract).
3. Allahdadi, M., Shakiba, M. R., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Amini, R. 2013. Evaluation of yield and advantages of soybean (*Glycine max* L.) Merrill.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) intercropping systems. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science (Agricultural Sciences) 23 (3): 47-58. (in Persian with English abstract).
4. Asadi, G. A., Khorramdel, S., and Hatefi Farajian, M. H. 2016. The Effects of row intercropping ratios of chickpea and saffron on their quantitative characteristics and yield. Saffron Agronomy and Technology 4 (2): 93-103. (in Persian with English abstract).
5. Boquet, D. J., Moser, E. B., and Breitenbeck, G. A. 1993. Nitrogen effect on boll production of field growth cotton. Agronomy Journal 85: 34-39.

6. Chao Dai, C., Chen, Y., Xing– Xiang, W., and Pei–Dong, L. 2012. Effects of intercropping of peanut with the medicinal plant *Atractylodes lancea* on soil microecology and peanut yield in subtropical China. Agroforestry Systems Springer Science+ Business Media.
7. Dash, M. C., and Petra, U. C. 1979. Wermicompost production and nitrogen contribution to soil by a tropical earthworm population from a grassland site in Orissa India. Ecological and Biological Soil Journal 16: 79-83.
8. Fisher, N. M. 1976. Experiment with maize/ Potato mixed crops in an area with two rainy seasons in highlands of Kenya. In: Symposium on Intercropping in Semi- arid area Morogoro. Tanzania, 10-12 May.
9. Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Iranian Journal of Field Crops Research 6 (1): 67-78. (in Persian with English abstract).
10. Haghiroalsadat, F., Vahidi, A., Sabour, M., Azimzadeh, M., Kalantar M., and Sharafadini, M. 2011. The indigenous *Cuminum cyminum* L. of Yazd province: chemical assessment and evaluation of its antioxidant effects. Journal of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences and Health Services 19 (4): 472-81.
11. Hosseinpanahi, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Evaluation of radiation absorption and use efficiency in potato/corn intercropping. Journal of Agroecology 1 (2): 50-60. (in Persian with English abstract).
12. Kafi, M. 1989. Effect of weed control frequency and density on yield and yield components of cumin. MSc Thesis. College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
13. Kafi, M., Rezvan Bidokhti, S., and Sanjani, S. 2011. The effect of planting date and plant density on yield and morphological traits of Iranian Shallot (*Allium altissimum* Regel.) Weather in Mashhad. Journal of Horticultural Science 25 (3): 310-319. (in Persian with English abstract).
14. Keshtehgar, A., Dahmardeh, M., Galavi, M., and Khammari, I. 2015. Evaluation of yield and yield components of peanut (*Arachis hypogea* L.) in intercropping with maize (*Zea mays* L.). Agronomy Journal 107: 115-123. (in Persian with English abstract).
15. Khezri, S. S. 2003. Encyclopedia of Medicinal Plants. Rostamkhani Publication, 568 pp. Central Asia. Ege University Press, Izmir, Turkey.
16. Khorramdel, S., Rezvani Moghaddam, P., Asadi, G. A., and Mirshekari, A. 2016. Effect of additive intercropping series of cumin (*Cuminum cyminum* L.) with saffron (*Crocus sativus* L.) on their yield and yield components. Journal of Saffron Research 4 (1): 53-71. (in Persian with English abstract).
17. Khory, R. N., and Katrak N. N. 1985. Materia Medica of India and Therapeutics. Dehli: Neeray Publishing House, p. 285-6.
18. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S. 2009. Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Journal of Agroecology 1 (1): 13-23. (in Persian with English abstract).
19. Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin Ghafouri, A. 2012. Ecological Study of different patterns of row intercropping borage (*Borago officinalis* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 4 (1): 1-11. (in Persian with English abstract).
20. Lafond, G. P. 1994. Effects of row spacing, seeding rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero-till management. Canadian Journal of Plant Science 74: 703-711.
21. Mansouri, H., Bannayan Aval, M., Rezvani Moghaddam, P., and Lakzian, A. 2014. Management of nitrogen, irrigation and planting density in Persian shallot (*Allium hirtifolium*) by using central composite optimizing method. Sustainable Agriculture and Production Science 41-60. (in Persian with English abstract).
22. Mazaheri, D. 1997. Intercropping. Tehran University Press. (in Persian).
23. Nachigera, G. M., Leadent, J. F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping. Effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64: 180-188.
24. Najybnya, S. A. 2010. Evaluation of absorption efficiency, productivity consumption and radiation, water and nutrients in the ship's systems rape, beans and corn. Crop ecology doctoral dissertation. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
25. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Jahan, M. 2010. Light absorption and use efficiency in winter wheat and maize cropping and relay intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8 (6): 878-890. (in Persian with English abstract).
26. Nourbakhsh, F. 2012. Compare different indexes of mixed cultures and a row of sesame (*Sesamum indicum*) and beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Master's Thesis Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
27. Olsson, G. 1960. Some relations between number of seeds per pod, seed size and oil content and the effects of selection for these characters in *Brassica* and *Sinapis*. Hereditas 46 (1-2): 29-70.
28. Raei, Y., Ghasemi Golezani, K., Javanshir, A., Aliari, H., and Mohammadi, A. 2008. Effects of plant density on soybean (*Glycine max* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L.) intercropping. Journal of Water and Soil Science 12 (45): 35-44. (in Persian with English abstract).

29. Rahimian, H., Salahi Moghaddam, M., and Galavi, M. 1991. Potato intercropping with maize and sunflower. Journal of Agricultural Science and Technology 6 (1): 45-48. (in Persian with English abstract).
30. Rezvan Bidokhti, S. 2005. Compare different combinations in mixed cropping of maize and beans. Agriculture graduate thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
31. Rezvan Beydokhti, S., Nezami, A., Kafi, M., and Khazaei, H. R. 2011. Effects of freezing stress on electrolyte leakage of Persian shallot (*Allium altissimum* Regel.) under controlled condition. Agroecology 3 (3): 371-382. (in Persian with English abstract).
32. Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 217-230. (in Persian with English abstract).
33. Sabzevari, S., Kafi, M., Bannayan, M., and Khazaie, H. R. 2015. Investigation of thermal requirement, growth and yield characteristics of two species of Persian shallot (*Allium altissimum* and *A. hertifulium*) in different density, bulb weight and flowering stem removing. Journal of Agroecology 6 (4): 836-847. (in Persian with English abstract).
34. Sabzevari, S., Kafi, M., Banayan, M., and Khazaie, H. R. 2013. Study thermal requirements, growth and yield of Iranian shallot *Allium altissimum* Regel. and Boiss *A. hertifulium* different treatments of density, the weight of onions inflorescence inflorescence. Journal of Agroecology 4 (6): 836-847. (in Persian with English abstract).
35. Yi Kai, Z., Fan Jun, C., Long, L., Yan Hua, C., Bing Ran, C., Yu Ling, Z., Li Xing, Y., Fu Suo, Z., and Guo Hua, M. 2012. The role of maize root size in phosphorus uptake and productivity of maize/ faba bean and maize/ wheat intercropping systems. Science China. Life Sciences 55 (11): 993-100.
36. von Bruchhausen, F. 1973. Hager's handbuch der pharmazeutischen praxis. Vol 4. Berlin: Springer Verlag, p. 363-365.
37. Walker, S., and Ogindo, H.O. 2003. The water budget of rainfed maize and bean intercrop. Physics and Chemistry of the Earth 28: 919-926.
38. Zarifpour, N., Naseri Poor Yazdi, M., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Evaluate the effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristic of species. Iranian Journal of Field Crops Research 12 (1): 34-43. (in Persian with English abstract).
39. Zhang, F., and Li, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient- use efficiency. Plant and Soil 248: 305-312.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 2, Summer. 2020, p. 181-196

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، ص. ۱۹۶-۱۸۱

Effect of Intercropping Ratios of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) with Persian Shallot (*Allium altissimum* Regel.) on their Agronomic Criteria and Land Equivalent Ratio

J. Meshkani[1], M. Kafi[2*], S. Khorramdel[3], F. Moallem Benhangi[4]

Received: 03-06-2018
Accepted: 19-12-2018

Introduction

Medicinal plants are a rich source of bioactive compounds, and these plants are thought to be safe to human beings and the environment compared to the synthetic medicines for the treatment of many diseases. The active principles of the plants are generally secondary metabolites. Cumin (*Cuminum cyminum* L.) is an herbaceous and annual medicinal plant belonging to Apiaceae family which is planted in arid and semi-arid regions of Iran. Persian shallot (*Allium altissimum* Regel.) is another medicinal, industrial and perennial plant that has underground bulbs. It is one of the most important *Allium* species in Iran, which normally grows in semi-cold to very cold highlands. In the last decade, agricultural production, which is mainly based on the application of chemical inputs, is causing environmental impacts. The use of ecological farming approaches, enhancing yield and quality, they will be effective. Intercropping allows for improved resource use efficiency such as light, water and nutrients and beneficial interactions between the companion plants. It works to decrease the spread of plant diseases by reducing the quantity of susceptible host plants. Other benefits of intercropping include optimal use of resources, stabilization of yield, weed control, improved soil fertility, and higher economic returns. This study has evaluated the effect of intercropping ratios as replacement series of cumin and Persian shallot on agronomic criteria such as yield components, yield, harvest index, dry matter accumulation and land equivalent ratio.

Materials and Methods

This experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad during growing season of 2014-2015. Intercropping ratios as replacement series such as 80% cumin+20% Persian shallot, 60% cumin+40% Persian shallot, 50% cumin+50% Persian shallot, 40% cumin+60% Persian shallot, 20% cumin+80% Persian shallot and their pure culture were considered as treatments. Plant density for Persian shallot bulbs and cumin seeds were considered as 10 bulbs.m^{-2} and 120 plants.m^{-2}, respectively. Studied traits were umbel numbers per plant, seed numbers per umbel, 1000-seed weight, biological yield and seed yield of cumin and daughter bulb diameter, mother bulb diameter, fresh weight of daughter bulb, fresh weight of mother bulb, biological yield, fresh yield of bulb, dry weight of bulb of Persian shallot and land equivalent ratio (LER).
The LER was computed through the following equation:

$$LER = \frac{Yij}{Yii} + \frac{Yji}{Yjj}$$

Where, Y_ij: Yield of cumin under intercropping conditions, Y_{ji}: Yield of Persian shallot under intercropping conditions, Y_{ii}: Yield of cumin under sole crop conditions and Y_{jj}: Yield of Persian shallot under sole crop conditions. The treatments were run as an analysis of variance (ANOVA) to determine if significant differences existed among means. Multiple comparison tests were conducted for significant effects using the LSD test.

Results and Discussion

The results showed that the effect of intercropping ratios was significant ($p \leq 0.05$) on yield and yield components of cumin and Persian shallot. By decreasing intercropping ratios of Persian shallot improved its criteria. Diameter of mother bulb and production of daughter bulb in intercropping ratios were increased up to 52 and 68% compared to sole culture, respectively. Studied traits of cumin were improved by changing in planting ratios from intercropping to its pure culture. The maximum amounts of dry bulb weight were related to pure culture (82.9 g.m^{-2}) and 20% cumin+80% Persian shallot (85.3 g.m^{-2}). The highest seed yield of cumin was observed in pure culture with 115 g.m^{-2}. The highest and the lowest LER were computed in 50% cumin+50% Persian shallot (1.49) and 80% cumin+20% Persian shallot (1.15).

1- MSc in Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
4- PhD Student in Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: m.kafi@um.ac.ir)

Conclusions

Intercropping of Persian shallot and cumin had significantly effect on their yield and yield components. The results confirmed the better use of resources especially for radiation and water of these plants in intercropping ratios. In general, it seems that intercropping may be suitable cropping approach for sustainable production of medicinal plants.

Acknowledgement

This research was funded by Vice Chancellor for Research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Beneficial interaction, Medicinal plants, Resource use efficiency, Soil conservation, Stabilization of yield